

APLICACIONES EN LAS CIENCIAS DE LO ARTIFICIAL

F. Sáez Vacas

E.T.S.Ing. Telecomunicaciones de Madrid.

APLICACIONES EN LAS CIENCIAS DE LO ARTIFICIAL

por F. Sáez Vacas

Catedrático de Ordenadores
y Cibernética de la E.T.S.
Ing. Telecomunicación de Ma
drid.

1. Sobre el significado de "Ciencias de lo Artificial".

Parece que ha sido H.A. Simon quien, el primero, ha definido el concepto y el ámbito de las Ciencias de lo Artificial (Simon, 69). Aunque muy estimulante en el plano especulativo, hemos de considerar la conceptualización de Simon como operativamente incómoda por su excesiva generalidad.

Las ciencias de lo artificial se desarrollarían, según ella, en movimiento centrípeto sobre una ciencia medular: la ciencia del diseño, o cómo hacer artefactos que reúnan unas determinadas propiedades. Surge el problema práctico que se deriva de la inmensa variedad de los artefactos, que abarca desde un molinillo de café o un ordenador hasta una empresa, una ley o una granja.

En esta ponencia conviene aclarar si nos referimos a unas ciencias de lo artificial en el sentido de Simon, en cuyo caso nos estaríamos refiriendo a la totalidad de la actividad científica (aunque sesgada por una orientación diseñadora), o bien a otra cosa. Por principio estamos más por esta última opción, que definiremos con ámbito más reducido. Es el mismo principio general que nos inclinaría a apoyar epistemológicamente una teoría general de sistemas articulada en unas teorías de sistemas generales por áreas

de conocimiento o por niveles, punto que discutiremos luego.

Aquí convendremos en restringir las ciencias de lo artificial a los objetos o artefactos compuestos por elementos no vivientes o en los que esta característica se muestra con complejidad controlada. Si se hablase genéricamente de máquinas en lugar de artefactos, sería por referencia a máquinas artificiales, aún cuando en el diseño de éstas se intentase imitar las propiedades de las máquinas naturales (Atlan, 79).

Es ésta una hipótesis para delimitar un terreno de trabajo, delimitación que bien sabemos borrosa y transitoria; borrosa, como lo es la frontera entre lo vivo y lo no vivo y como lo es el mismo concepto de complejidad; transitoria, como corresponde a la históricamente movediza topografía de la ciencia. Asistimos ahora a un profundo impulso de cambio que se propaga abriendo caminos de comunicación entre los tres estratos de la ciencia: hombre-cultura/vida-naturaleza/física-química, a caballo del paradigma cibernético y sistémico - de "organización" (Morin, 73).

Pero, puesto que nos cuestionamos acerca del campo de aplicación, antes de seguir debemos hacerlo asimismo con la herramienta con que nos proponemos labrarlo, la teoría general de sistemas, en particular acerca de la unicidad y puesta a punto de dicha herramienta.

2. Sobre el grado de coherencia de la teoría general de sistemas, especialmente en relación con áreas disciplinares.

Quienes estamos aquí presentando y discutiendo estas ponencias aceptamos sin duda el papel que juega y seguirá jugando la teoría general de sistemas en la unificación (o no dispersión) de la ciencia y en toda clase de proyectos interdisciplinarios. Para todos nosotros la TGS se pre-

senta como ese tejido simplificador que necesita el árbol de la ciencia para irrigar más potentemente sus distintas ramas. No obstante lo cual, no dejamos de percibir que ese tejido - no está ni puede estar hecho del mismo material en todas sus partes ni con el mismo dibujo, aún cuando siga unos patrones comunes. Hay que admitir también la dificultad y la controversia en cuanto a la elección de tales factores y a la fabricación de los materiales.

Más arriba se sugería el interés de una taxonomía de las teorías de sistemas generales según áreas de conocimiento y tal es, en buena medida, la ordenación de esta mesa redonda. Por desgracia, una taxonomía directamente asociada a un criterio de áreas disciplinarias resultaría poco fiable, si acaso fuera abordable, y los intentos han ido casi siempre por otro lado. Basta recordar las clasificaciones de los sistemas por niveles, vagamente conectado en principio* cada nivel con áreas disciplinarias más o menos amplias: la clasificación de Boulding, las clasificaciones de Milsum y Miller de los sistemas vivientes (Voltes, 78). Otro enfoque consiste en clasificar las teorías de sistemas según el tipo de sistemas que abarcan y su alcance metodológico (Klir, Orchard, 72). Ambos enfoques son inconciliables y tampoco lo sería mucho menos el que propone Le Moigne (Le Moigne, 77): el objeto según nueve niveles de evolución. Se mire por donde se mire, surge la subjetividad del observador/experimentador, derivada de sus conocimientos y experiencia.

Así, Rapoport, en su crítica al libro "Living Systems" de Miller, acusa a éste de limitarse por una mentalidad de orientación física que no puede dar cuenta satisfactoria de sistemas conceptuales, no reductibles a materia/energía/información, como los que parecen subyacer en el -

* en la medida en que la división en disciplinas resulta en gran parte del recorte de la realidad en niveles descriptivos diferentes (Delattre, 78).

comportamiento individual y colectivo humano, en donde la información en su dimensión semántica y no negaentrópica adquiere un peso predominante (Rapoport, 80). Otro género de subjetividad hunde sus raíces en el grado de acercamiento del observador con respecto a la epistemología. Bunge distingue tres vías de construcción de la TGS, como una rama científicotecnológica, como un procedimiento de enfoque de los problemas (approach) y como una variedad de la filosofía (Bunge, 80); Von Bertalanffy, en uno de sus últimos trabajos percibía tres grandes ejes tendenciales: a) la ciencia y la teoría matemática de los sistemas; b) la tecnología de los sistemas y c) la filosofía de los sistemas (V. Bertalanffy, 72). En la Society for General Systems Research se acaban de abrir dos grupos especializados (Special Interest Group), uno en metodología y otro en filosofía y teoría, que traducen, de una manera que difícilmente puede prestarse a dudas, tendencias diversas en el plano epistemológico (GSB, 80).

3. Sobre una proposición (qué quiere ser operativa) de aplicación de la TGS en las ciencias de lo artificial.

De las dos secciones anteriores cabe deducir y resumir varios puntos, lo que haremos dentro de unas líneas. Mas antes hemos de prestar atención a un aspecto de la mayor importancia. La propia definición de "ciencias de lo artificial", incluso en su acepción más estrecha, implica poner el acento en una vía científicotecnológica y metodológica, y de hecho en una metodología de diseño.

Por fijar ideas, la metodología de sistemas de Klir (Klir, 69, 79), catalogada como de amplio alcance metodológico, nos dice que el diseño es un proceso de análisis/síntesis en el que se manejan conceptos y medidas tales como las cantidades y su nivel de resolución, el comportamiento permanente, los acoplamientos entre elementos y varios tipos de estructuras. Pues bien, volviendo a la delimitación ante

riormente practicada en cuanto al ámbito de las ciencias de lo artificial, no están de más los siguientes razonamientos.

Considerado un sistema dotado de elementos vivos no triviales, no es ya posible, entre otras cosas, hablar de comportamientos permanentes, la noción de acoplamiento no se deja aprehender prácticamente y el conjunto se convierte en algo de naturaleza borrosa y generalmente muy borrosa! En puridad, cuando los elementos son objetos sin vida (o triviales) la situación no carece de borrosidad (¿hasta qué punto es posible hablar de comportamiento permanente en un objeto inanimado?), pero su grado es menor. Por tanto, la herramienta más amplia que puede guiar el diseño de sistemas generales presenta un techo limitado por lo que respecta al nivel de éstos que, en el caso de tratarse de sistemas con elementos vivos (y más si son inteligentes), es un proceso de análisis/síntesis/caja negra (siguiendo con la terminología de Klir) dentro de un ambiente de borrosidad generalizada.

Los dos apartados que acabamos de leer presentan una visión parcial y específica, si bien creemos que no desdeñable, tendente a justificar la relativa adecuación de la TGS (en sus aproximaciones metodológicas de diseño) al campo de limitado (ciencias de lo artificial en sentido restringido). Sería ingenuo olvidar que en el problema del diseño interviene además un factor de "distancia" entre modelo (sistema) y objeto, entre teoría y experimentación, y que la "distancia aceptable" varía entre observadores, varía según la complejidad del objeto y según los objetivos perseguidos en el diseño del modelo o sistema. Este es un punto complementario trascendental a tomar en cuenta para juzgar la transferibilidad de una metodología de un área disciplinar a otra.

Resumiendo y concluyendo:

- a) El abordaje de las ciencias de lo artificial con la perspectiva de la TGS entendemos ha de hacerse primordialmente desde una vía metodológica (en su caso, científico -- técnica y tecnológica), con uso de los niveles de teorías de los sistemas generales adecuados a los objetos considerados, que estarían compuestos de elementos inanimados o vivos pero relativamente triviales.
- b) Este planteamiento no significa renunciar a la ampliación del ámbito del artefacto, siguiendo el sentido dado por Simon; sólo acentúa la cautela debida a la dinámica de ampliación correlativa de la metodología correspondiente.
- c) Reconociendo la inexcusable presencia de subjetividad en el observador/científico/metodólogo/experimentador, así como que la mentalidad sintética y la curiosidad intelectual propias de la TGS son, al decir de algunos psicólogos, cuestión de temperamento y que el mundo científico, profesional y económico sigue premiando a los especialistas por encima de los generalistas, se propone que los sujetos tomen como camino común y mínimo pasar de la disciplina a la generalización, para empezar, y como objetivo de llegada un área disciplinaria lo más amplia posible. En la presente ponencia, la disciplina de origen estaría dentro del área acotada en las ciencias de lo artificial.
- d) El punto c), referido a los sujetos, de carácter normativo restrictivo necesita expandirse con los siguientes postulados, de carácter unificador y abierto.
 - d1) Es conveniente que el sujeto conozca y acepte los principios fundacionales de la Sociedad de Sistemas Generales, tal como los propusieron Von Bertalanffy, Boulding, Rapoport, Ashby.....

- d2) Se recomienda que no descuide adquirir algún conocimiento, por limitado que sea, de otras vías de la TGS, por ejemplo la filosófica.
- d3) Imprescindible como cauce de apertura y de profundización es un estudio, de la mano del paradigma "organización", de otras áreas disciplinarias (ciencias biológicas, ciencias sociales,....)

Este resumen es una guía (y también una consecuencia) de nuestra manera de formar a nuestros alumnos en los principios de la TGS y en su aplicación dentro de un dominio relativamente específico de las ciencias de lo artificial. En anexo recogemos, a título de ejemplo, el programa y la bibliografía básica de las asignaturas Cibernética y Teoría de Sistemas 1 y 2 que se vienen impartiendo en la Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Telecomunicación de Madrid desde el curso 1978-79. Un cierto número de actividades extra permite reforzar en los alumnos más interesados los postulados descritos en el apartado d). Una muestra de dichas actividades son los cursos y trabajos de Bioingeniería, desde hace unos 5 ó 6 años y la puesta en marcha reciente del Seminario Ashby, de carácter interdisciplinario. Esta ponencia ha sido escrita después de consultar determinados aspectos con algunos alumnos participantes en el seminario Ashby, de asistencia voluntaria.

Referencias

- ATLAN, H. Entre le cristal et la fumée. Essai sur l'organisation du vivant, Seuil, París, 1979, Cap.3.
- BUNGE, M. GST and philosophy. Commentary presented at the -
Joint AAAS/SGSR session in San Francisco of Systems
Science and Science, General Systems Bulletin, Vol.
10, No2, 1980 pp. 14 y 15.
- DELATTRE, P. Recherches interdisciplinaires. Encyclopedia -
Universalis, Vol 17 Organum, huitième publication 1978
pp. 387-394.
- GSF. General Systems Bulletin, Vol 10 No 2, 1980 pp.7-9.
- KLIR, G.J. An approach to general systems theory. Van Nostrand
Reinhold, N.Y. 1969.
- LE MOIGNE, J.L. La théorie du système général, Prèsses Universitaires de France, París 1977, Cap. 6.
- MORIN, E. El paradigma perdido: el paraíso olvidado. Primera
parte: La soldadura epistemológica. Kairós, Barcelona 1974 (Seuil, 1973).
- ORCHARD, R. On an approach to general systems theory, en - -
Trends in general systems theory, editor G.J. Klir,
Wiley Interscience N.Y. 1972 (existe versión castellana
en la colección Alianza Universidad).
- RAPOPORT, A. Philosophical perspectives on Living Systems. -
Behavioral Science, Vol. 25, No 1, Ene 1980.
- SIMON, H.A. The Sciences of the artificial. The M.I.T. Press,
1969 Cap.1. (Existe traducción castellana en Editorial
ATE).
- VOLTES BOU, P. La teoría general de sistemas. Editorial Hispano
Europea, Barcelona, 1978 Caps. 6, 14 y 15.

ANEXO. Programas y bibliografía de los programas de las asignaturas de Cibernética y Teoría de Sistemas 1 y 2. (Se señala con asterisco los textos obligatorios).

CIBERNETICA Y TEORIA DE SISTEMAS 1

1. El enfoque sistémico. Conceptos fundamentales

Ejemplos introductorios: la economía y la empresa, dinámica de sistemas.

La complejidad. Complejidad organizada y desorganizada. Arquitectura de la complejidad. Variedad y ley de la variedad requerida.

Energía e información. Repaso de los principios de la termodinámica clásica. Información y negaentropía. Orden y desorden.

El concepto de sistema. Estructura y función. Retroacción positiva y negativa. Emergencias y constricciones. - Análisis y Síntesis. Dinámica de conservación y dinámica de cambio.

2. Enfoque G.J. Klir sobre la teoría de sistemas generales.

Introducción. Conceptos fundamentales. Actividad. Comportamiento. Acoplamiento. Programa. Estructura. Definición de sistema. Relaciones causales. Sistemas controlados. Clasificación de los sistemas.

Sistemas discretos: nivel de resolución. Conceptos fundamentales. Comportamiento. Estructura. Ejemplos y problemas. Comparación con los Sistemas continuos.

Sistemas controlados: tipos de acoplamientos dirigidos. Sistemas controlados probabilísticos simples y complejos, discretos y continuos. Relatividad y varianza del tiempo.

Análisis de sistemas: planteamiento del problema. Es-

estructura UC. Eliminación de variables auxiliares. Cálculo de probabilidad. Determinación del control. Determinación de la estructura ST.

Síntesis de Sistemas: planteamiento. Determinación de la estructura ST. Sistemas combinacionales, secuenciales y probabilísticos.

El problema de la caja negra y conclusiones.

3. Referencias bibliográficas.

- * 3.1. J. de Rosnay. "El Macroscopio". AC, 1977. Madrid
- * 3.2. G.J. Klir. "An approach to general systems theory". Van Nostrand Reinhold, 1969, Nueva York.
- 3.3. G. Weinberg. "An introduction to general systems - - thinking" Wiley, 1975. Nueva York.
- 3.4. E. Morin. "La Méthode. Tome 1: La Nature de la Nature". Seuil, 1977. París.

CIBERNETICA Y TEORIA DE SISTEMAS II

1. Conceptos básicos de Cibernética

Evolución de las ideas cibernéticas: Wiener, Ashby, Couffignal. Piedras angulares del pensamiento cibernético: analogía y homomorfismo estructural y funcional; modelación; teleología; autorregulación, aprendizaje y autoorganización; ley de la variedad requerida.

2. Modelos matemáticos de sistemas.

Enfoque de entrada-salida y enfoque de estados.- Modelos de entrada-salida para sistemas continuos, muestreados y discretos.- Modelos en el espacio de estados.- Relaciones entre unos modelos y otros.

3. Simulación de sistemas.

Modelos analógicos.- Computadores analógicos.- Simulación analógica: programación, escalado y ejecución.- Ventajas e inconvenientes de la simulación analógica.- Principios de la simulación híbrida.- Técnicas de simulación digital: aplicación de análisis numérico y de cálculo operacional.- Lenguajes de simulación.- Descripción de MIMIC.

4. Controlabilidad y observabilidad.

Aproximación física a ambos problemas.- Complementos de álgebra matricial: polinomios matriciales; teoremas de Cayley-Hamilton y de Sylvester.- Controlabilidad: definición y criterios.- Observabilidad: definición y criterios.- Estructura canónica de Kalman.- Ejemplos de aplicación.

5. Estabilidad.

Definiciones en el sentido de Liapunov.- Aplicación a sis

temas lineales e invariantes.- Caso general: funciones de Liapunov; teoremas relativos a la estabilidad global.- Estabilidad local deducida de la aproximación lineal. Estabilidad de entrada-salida: relación con la estabilidad de Liapunov.

6. Tendencias recientes.

Sistemas en espacios métricos.- Espacios de resolución y operadores.- Causalidad y realización.- Sistemas polinómicos.- Sistemas en una categoría.

BIBLIOGRAFIA

- * - W.R. ASHBY. "Introducción a la cibernética". Nueva Visión, Buenos Aires, 1.976.
- L.PADULO y M.A. ARBIB. "System theory". W.B. Saunders, Philadelphia, 1.974.
- J.S. ROSKO. "Digital simulation of physical systems". Addison-Wesley, Reading, Mass., 1.972.
- * - G. FERNANDEZ. "Modelos matemáticos y de simulación para sistemas continuos". Dpto. Publicaciones E.T.S.I.T.M., Madrid, 1.980.